

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-272855

(43)Date of publication of application : 26.09.2003

(51)Int.Cl.

H05B 33/14

H05B 33/02

H05B 33/12

H05B 33/26

(21)Application number : 2002-074993

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 18.03.2002

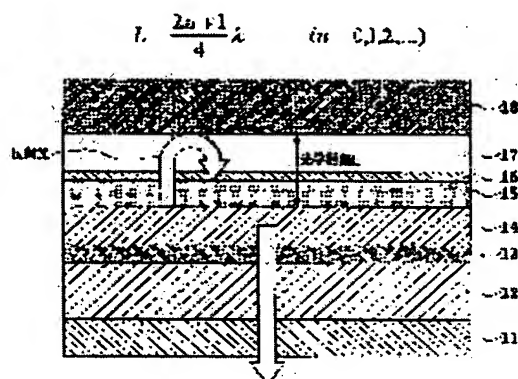
(72)Inventor : KIMURA HIROSHI

## (54) ORGANIC EL ELEMENT AND ORGANIC EL PANEL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an organic EL element capable of improving contrast and external quantum efficiency without deterioration of brightness, and to provide an organic EL panel using the same.

**SOLUTION:** A transparent conductive film made of either  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ , or  $\text{SnO}_2$  is formed on the light emitting layer side surface of a metal electrode of the organic EL element. It is made so that the light reflected at the metal electrode is strengthened by interfering between each other in the element by setting the film thickness of the transparent conductive film so as to fulfill the formula on condition that  $L$  is an optical length between the organic light emitting layer and the metal electrode,  $\lambda$  is the wavelength of emitted light. By the above, the organic EL element, capable of improving contrast and external quantum efficiency without deterioration of brightness, is provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-272855

(P2003-272855A)

(43) 公開日 平成15年9月26日 (2003.9.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
H 0 5 B 33/14		H 0 5 B 33/14	A 3 K 0 0 7
33/02		33/02	
33/12		33/12	E
33/26		33/26	Z

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2002-74993(P2002-74993)

(22) 出願日 平成14年3月18日 (2002.3.18)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 木村 浩

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外2名)

Fターム(参考) 3K007 AB04 AB17 BB06 CB01 CB04

CC01 DB03

(54) 【発明の名称】 有機EL素子および有機ELパネル

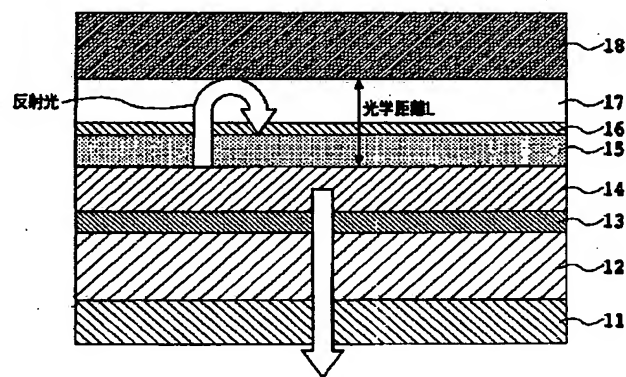
(57) 【要約】

【課題】 輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子およびこれを用いた有機ELパネルを提供すること。

【解決手段】 有機EL素子の金属電極の発光層側の面に、 $\text{In}_2\text{O}_3-\text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかからなる透明導電膜を設け、この透明導電膜の膜厚を、 $L$ を有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を発光波長として、次式を満足するように設定して金属電極で反射される光が素子内で干渉して強め合うこととしたので、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子を提供することが可能となる。

【数1】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、該透明導電膜の膜厚が、 $L$ を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されていることを特徴とする有機EL素子。

【数1】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots)$$

【請求項2】 金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、前記有機EL発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は／及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機EL発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする有機EL素子。

【請求項3】 金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、該透明導電膜の膜厚が、 $L$ を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されており、

【数2】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots)$$

前記有機EL発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は／及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機EL発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする有機EL素子。

【請求項4】 前記透明導電膜の材質は、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の有機EL素子。

【請求項5】 前記透明導電膜は不純物添加され、前記有機EL発光層から発光される光の色と同じ色に着色されたものであることを特徴とする請求項2または3に記載の有機EL素子。

【請求項6】 前記有機EL発光層は青色の光を発光し、前記透明導電膜は、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Co}$ 、または、 $\text{Ti}$ のい

れかの不純物を1%以下の濃度で含有する、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかの材質で構成されており、該透明導電膜が青色の光を吸収することを特徴とする請求項5に記載の有機EL素子。

【請求項7】 前記有機EL発光層は青色の光を発光し、

前記金属電極は、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Cr}$ 、または、これらの金属の合金からなり、該金属電極が青色の光を吸収することを特徴とする請求項2、3、6のいずれかに記載の有機EL素子。

【請求項8】 請求項1乃至5いずれかに記載の有機EL素子を備えることを特徴とするモノクロパネルまたはエリアカラーパネル。

【請求項9】 請求項6に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記有機EL素子の前記透明導電膜に青色以外の光を吸収させ、前記金属電極で前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする色変換方式カラーパネル。

【請求項10】 請求項7に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記金属電極に青色以外の光を吸収させ、前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする色変換方式カラーパネル。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、有機EL素子および有機ELパネルに関し、より詳細には、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子およびこれを用いた有機ELパネルに関する。

【0002】

【従来の技術】1987年にTangにより2層積層構造のデバイスで高い効率の有機EL素子が発表されて以来(C. W. Tang et al., Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987))、これまでに様々な有機EL素子が開発され、その一部は既に実用化されるに至っている。

【0003】図4は、従来の有機EL素子の構造を説明するための図で、陽極の透明電極41の上に、正孔輸送層42と、正孔注入層43と、発光層44と、電子輸送層45と、電子注入層46とが順次積層され、電子注入層46の上に陰極である金属電極47が設けられて素子を構成している。

【0004】図4に示した構成の有機ELの量子効率は以下のように考えられている。まず、陽極と陰極から到達した正孔と電子とが発光層内で電子-正孔対を形成して発光性の励起子となるが、この発光性励起子の生成確

10

20

30

40

50

率は約25%である。一方、発光層内で生成した光を素子の外部へ取り出す効率 $\eta$ は、 $n$ を発光層の屈折率として、次式で与えられる。

【0005】

【数3】

$$\eta = \frac{1}{2n^2} \quad (1)$$

【0006】一般的な発光層の屈折率は1.6であるので、この外部取出効率は約20%となる。従って、理論的な外部量子効率の限界は、発光性励起子の生成確率（約25%）と外部取出効率（約20%）との積で与えられ約5%となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、実際の有機EL素子の外部量子効率はこの理論値の6割程度である約3%と低く、このため、一定の輝度の光を外部に取り出すために素子に流す電流を大きくすると、輝度の劣化が進行してしまうことに加え、消費電力を増大させてしまうという問題が生じてしまう。

【0008】また、実際のパネルでは、外光により表示が見にくくなるコントラストの問題が実用上問題になっている。このようなコントラスト低下は、金属電極が外光を反射させることが一因に挙げられる。

【0009】本発明は、この問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子およびこれを用いた有機ELパネルを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、この問題を解決するために、請求項1に記載の発明は、金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、該透明導電膜の膜厚が、 $L$ を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0011】

【数4】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots)$$

【0012】また、請求項2に記載の発明は、金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、前記有機EL発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は/及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機EL発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする。

【0013】また、請求項3に記載の発明は、金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、該透明導電膜の膜厚が、 $L$ を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されており、

【0014】

【数5】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots)$$

【0015】前記有機EL発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は/及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機EL発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする。

【0016】また、請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3のいずれかに記載の有機EL素子において、前記透明導電膜の材質は、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $-\text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $-\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかであることを特徴とする。

【0017】また、請求項5に記載の発明は、請求項2または3に記載の有機EL素子において、前記透明導電膜は不純物添加され、前記有機EL発光層から発光される光の色と同じ色に着色されたものであることを特徴とする。

【0018】また、請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の有機EL素子において、前記有機EL発光層は青色の光を発光し、前記透明導電膜は、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Co}$ 、または、 $\text{Ti}$ のいずれかの不純物を1%以下の濃度で含有する、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $-\text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $-\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかの材質で構成されており、該透明導電膜が青色の光を吸収することを特徴とする。

【0019】また、請求項7に記載の発明は、請求項2、3、6のいずれかに記載の有機EL素子において、前記有機EL発光層は青色の光を発光し、前記金属電極は、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Cr}$ 、または、これらの金属の合金からなり、該金属電極が青色の光を吸収することを特徴とする。

【0020】また、請求項8に記載の発明は、モノクロパネルまたはエリアカラーパネルであって、請求項1乃至5いずれかに記載の有機EL素子を備えることを特徴とする。

【0021】また、請求項9に記載の発明は、色変換方式カラーパネルであって、請求項6に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記有機EL素子の前記透明導電膜に青色以外の光を吸収させ、前記金属電極で前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする。

【0022】さらに、請求項10に記載の発明は、色変

換方式カラーパネルであって、請求項7に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記金属電極に青色以外の光を吸収させ、前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0024】図1は、基板上に形成される本発明の有機EL素子の構成例を説明するための図で、この有機EL素子は、有機発光層を含む複数の有機層で構成される有機EL発光部を備え、具体的には、陽極の透明電極11の上に、正孔輸送層12と、正孔注入層13と、発光層14と、電子輸送層15と、電子注入層16とが順次積層され、電子注入層16の上には透明導電膜17が備えられており、この透明導電膜17の上に陰極の金属層である金属電極18が設けられて構成されている。なお、本発明の有機EL素子を構成するにあたっては、ガラス基板は、陽極の透明電極11上、または、陰極の金属層である金属電極18上の何れに設けることとしてもよい。

【0025】発光層14から射出された光のうち正孔注入層13側に射出された光は、正孔注入層13および正孔輸送層12を透過して透明電極11から外部に取り出されるとともに、電子輸送層15側に射出された光は、電子輸送層15、電子注入層16、および、透明導電膜17を透過して金属電極18で反射されて素子内部に戻る。従って、この反射光を素子内部で減衰させることなく外部へと取り出すことができれば外部量子効率を向上させることが可能である。

【0026】すなわち、素子を構成する電子輸送層15、電子注入層16、および、透明導電膜17の各層の厚みを $d_i$  ( $i=1, 2, 3$ )、屈折率を $n_i$  ( $i=1, 2, 3$ )とすると、発光層14から金属電極18までの光学的距離 $L$ は、これらの各層の光学的距離の和である次式で与えられる。

【0027】

【数6】

$$L = \sum_i n_i d_i \quad (2)$$

【0028】金属電極18との透明導電膜17との界面で光が反射する際には光の位相が反転するので、光が素子内部で強め合うための条件は、光の波長を $\lambda$ として、

【0029】

【数7】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots) \quad (3)$$

【0030】となる。

【0031】金属電極18は陰極として用いられ、発光層14との間には電子輸送層15と電子注入層16と透

明導電膜17とが介在するから、これらの層が担う光学的距離を式(3)を満足するように設計すれば外部量子効率の向上が図られることとなる。

【0032】しかし、電子注入層16の厚みは0.5~1nm程度と薄くする必要があることに加え、電子輸送層15の厚みを厚くすると素子の輝度劣化が顕著になるという問題があるために、本発明の有機EL素子では、電子注入層16と金属電極18との間に透明導電膜17を設け、金属電極18で反射された光が上記の干渉条件を満足するように透明導電膜17の膜厚を設定して素子内部で光の強度が減衰することなく外部に光を取り出すことで外部量子効率を向上させることとしている。

【0033】このように透明導電膜17の膜厚を調節することで光学的距離を外部量子効率最大となるように設定する方法は、単色のバックライトを用いて発光させるモノクロパネルやエリアカラーパネルはもとより、単色のバックライトから発せられる光を色変換層で受光させてRGBの発光に変換させる色変換法を採用するカラーパネルで特に有用である。

【0034】また、有機ELパネルの実用上の問題の一つに、外光によるコントラスト低下があり、この原因は、外部光が直接金属層で反射されることにあることが判明している。式(3)によれば、干渉により強められる波長の光は限定され、特定波長の光のみが反射されることとなるので、式(3)を満足しない波長の光の反射強度は減少し、本発明の有機EL素子が有機ELパネルのコントラスト向上にも寄与することがわかる。

【0035】更にコントラストを改善させるためには、透明電極と金属層とを積層して反射層を構成し、この反射層のうちの透明電極層を発光色に着色して発光色以外は反射できない構造にすることや、金属層の材料を発光色以外は吸収する特性を持つ材料にすることが有効である。このためには、透明電極外に取り出すことが不要な波長の光を、透明電極と金属層との積層部で吸収させる方法と金属層材料に吸収させる方法が考えられる。なお、この場合、金属電極と発光層との間に介在する層の光学的距離が式(3)を満足するように各層を構成することが望ましいが、これに限定されるものではない。

【0036】特に、色変換方式カラーパネルでは、バックライトの青色であるので、反射金属としては、赤色に比べて青色の反射係数が高い金属を用いることが有効であり、具体的には、Zn、Mo、Crを用いるとよい。また、透明電極の青色化法は、透明電極を構成する酸化物層に、CuO、Co、Tiを1%以下の量だけ添加等することによって達成できる。

【0037】本発明の有機EL素子の構成は図1に示した構成の他、図2に示す構成であってもよい。

【0038】図2は、有機EL素子の下部電極を陽極とした場合の構造を説明するための図で、基板29上に、金属電極28と陽極の透明導電膜27と正孔注入層23

と正孔輸送層22と発光層24と電子輸送層25と電子注入層26と陰極の透明電極21とを順次積層した構成とされている。ここで、電子注入層26と陰極の透明電極21部分の構成は、電子注入層26を、アルカリ、アルカリ土類金属の酸化物、フッ化物、ホウ化物、塩化物の極薄膜で形成し、この上に、Al等の金属の極薄膜を堆積させ、更にその上に $\text{In}_2\text{O}_3$ -ZnO酸化層(IZO)を設ける構造や、あるいは、電子注入層26に直接IZOなどの透明酸化物からなる透明電極21を堆積させる構成が考えられる。

【0039】なお、本発明は、図1及び図2に示した層構造の有機EL素子の他、例えば、正孔輸送層を備えない構成などの従来の有機EL素子構成として提案されているすべての有機EL素子に適用が可能である。

【0040】【実施例1】図3は、本発明の有機EL素子を用いて構成した色変換方式カラーパネルの断面図である。TFT302を備える基板301上に、反射金属としての金属電極303としてCr(5nm)/Pt(100nm)を堆積させ、更にその上に、陽極である透明導電膜304として $\text{In}_2\text{O}_3$ -ZnO酸化層(IZO:屈折率2.2nm)を堆積させた。ここで使用する反射金属としての金属電極303は、その凹凸が4nm以下の導電体である金属や合金であればCr/Ptの積層体に限らない。また、IZOの成膜はスパッタ法によったが、電子ビーム蒸着法や抵抗加熱蒸着法等の他の成膜法であってもよい。

【0041】この透明導電膜304の上に正孔注入層305、正孔輸送層306、発光層307を抵抗加熱蒸着法により順次堆積させ、さらに電子輸送層308として8-ヒドロキシキノリンのAl錯体( $\text{Alq}_3$ )を20nm積層している。

【0042】電子注入層と上部透明電極の積層部309は、電子注入層としてLiFを0.5nm堆積させた後、上部透明電極に1nmのAlと220nmのIZOを堆積させ、最後に、保護膜としてSiONを300nm堆積させて構成されている。

【0043】この構成の有機EL素子の光学距離は、陽極の下部電極であるIZOの透明導電膜304と正孔注入層305と正孔輸送層306と金属電極303を構成するPt膜の間で調整した。色変換方式バックライトの光の波長は470nmで、正孔注入層305を80nm、正孔輸送層306を20nm堆積させたので、有機物の屈折率を1.85とし、式(3)の干渉条件からIZO膜厚を183nmとした。さらに下部電極を構成する透明導電膜304であるIZO膜には0.6%のCuOを添加して青色に着色した。

【0044】こうして素子形成した基板301上に保護層316を設け、予めRGBの色変換フィルタ311、312、313を作製してある基板310とを互いにむかい合わせて、その空隙にゲル体314を充填した状態

で素子外周部に外周封止剤315で封止してパネルを完成させた。ここで、色変換フィルタとは、カラーフィルタ又は/及び蛍光フィルタを設けたフィルタである。

【0045】本実施例に示した構成のパネルの特性を従来の構成のパネルの特性と比較した結果、外部取り出し効率を2.0%から3.0%に向上させることができ、同輝度で流す電流を2/3に低減することが可能になった。さらに、コントラスト比は、1000Lx下、100cd/m<sup>2</sup>で、200:1を得た。また、同様の比較実験をモノクロパネルやエリアカラーで実行したところ同様な結果が得られた。

【0046】【実施例2】透明導電膜材料として $\text{In}_2\text{O}_3$ -ZnOの代わりに膜厚201nmの $\text{In}_2\text{O}_3$ -SnO<sub>2</sub>(ITO)(屈折率2.0)を用いて実施例1と同様の比較を行なった場合でも、実施例1と同様な効果が得られた。このITO膜は、スパッタ法、蒸着法、CVD法などの方法により成膜が可能である。また、透明導電膜材料をZnOまたはSnO<sub>2</sub>として光学距離を合わせた場合にも同様の結果が得られた。

【0047】【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、有機EL素子の金属電極の発光層側の面に透明導電膜を設けこの透明導電膜の膜厚を調整して金属電極で反射される光が素子内で干渉して強め合うこととしたので輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能となり、更に、金属電極と透明導電膜で特定の波長の光を吸収させることとしたのでコントラストが改善され、これにより、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子およびこれを用いた有機ELパネルを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の有機EL素子の構成例を説明するための図である。

【図2】本発明の有機EL素子の第2の構成例を説明するための図である。

【図3】本発明の有機EL素子を用いて構成した色変換方式カラーパネルの断面図である。

【図4】従来の有機EL素子の構造を説明するための図である。

【符号の説明】

- 11、21、41 透明電極
- 12、22、42、306 正孔輸送層
- 13、23、43、305 正孔注入層
- 14、24、44、307 発光層
- 15、25、45、308 電子輸送層
- 16、26、46 電子注入層
- 17、27、304 透明導電膜
- 18、28、47、303 金属電極
- 29、301、310 基板



302 TFT

309 積層部

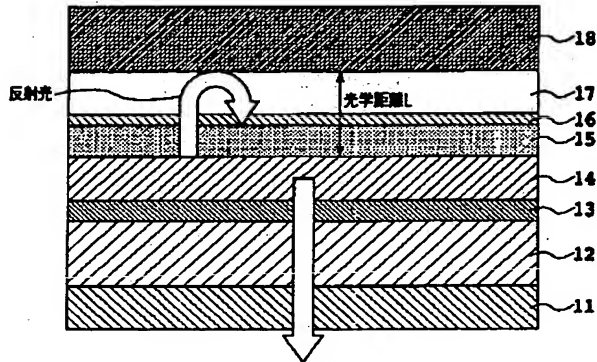
311、312、313 色変換フィルタ

\* 314 ゲル体

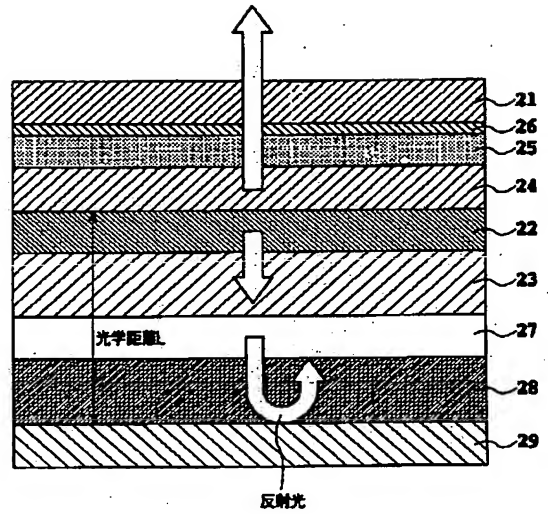
315 外周封止剤

\*

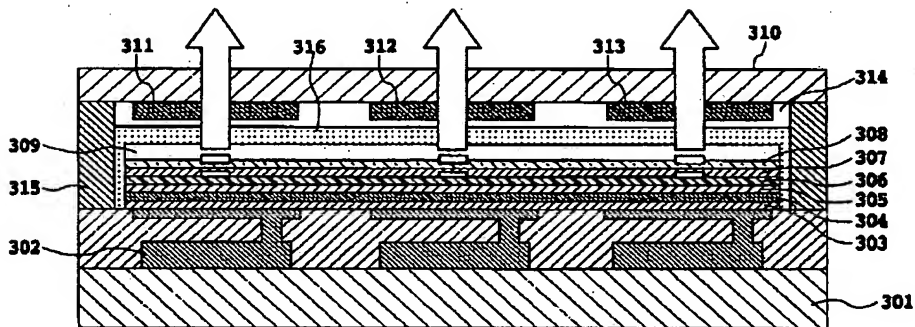
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

